



Universitat de Lleida

TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA
POLITÈCNICA SUPERIOR
UNIVERSITAT DE LLEIDA
INSPIRING THE FUTURE

Estudiant: Claudi Tuset Pla

Titulació: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol de Treball Final de Grau:

Disseny Sostenible de la Xarxa Hidràulica d'un Habitatge

Director/a: Joan Rosell Urrutia i Montse Vilarrubí Porta

Presentació

Mes: Setembre

Any: 2018

ÍNDEX GENERAL

1. Memòria. **3**

BLOC INTRODUCTORI

1.1. Introducció.....	3
1.2. Objectius.....	4
1.3. Justificació.....	4
1.4. Metodologia.....	5
1.5. Criteris d'eco eficiència hidràulica.....	6

BLOC DESCRIPTIU/METODOLÒGIC

1.6. Descripció de la xarxa hidràulica sostenible.....	7
1.6.1. Aprofitament d'aigües pluvials.....	7
1.6.2. Reutilització d'aigües grises i negres.....	8
1.7. Disseny d'una xarxa hidràulica sostenible.....	12
1.7.1. Disseny del sistema de reutilització d'aigües grises i negres.....	12
1.7.2. Disseny del sistema d'aprofitament d'aigües pluvials.....	12
1.7.3. Disseny de la xarxa hidràulica sostenible.....	13
1.7.4. Avaluació de l'energia hidràulica necessària.....	14
1.7.4.1. Càlcul de les necessitats d'aigua.....	14
1.7.4.2. Avaluació de les aigües pluvials disponibles.....	15
1.7.4.3. Càlcul de l'altura hidràulica total sobre les bombes.....	15
1.7.4.4. Càlcul de la potència total sobre els motors.....	16
1.7.5. Dimensionament de l'equipament necessari.....	17
1.7.5.1. Dimensionat de les bombes.....	17
1.7.5.2. Dimensionat dels motors.....	17
1.7.5.3. Dimensionat dels dipòsits d'aigua.....	18
1.7.5.4. Dimensionat i selecció dels sistemes de sanejament de l'aigua.....	19
1.7.5.5. Dimensionat dels tubs de conducció de l'aigua.....	19
1.7.5.6. Dimensionat de les vàlvules i els acoblaments.....	20
1.7.6. Consideracions del sistema.....	21

BLOC DISSENY

1.8. Anàlisi Pràctic. Disseny de la xarxa hidràulica sostenible per a un habitatge unifamiliar.....	22
1.8.1. Disseny constructiu.....	22
1.8.1.1. Ubicació.....	22
1.8.1.2. Distribució.....	23
1.8.2. Avaluació de l'energia hidràulica necessària.....	24
1.8.2.1. Càlcul de les necessitats d'aigua.....	24
1.8.2.2. Avaluació de les aigües pluvials disponibles.....	24
1.8.2.3. Càlcul de l'altura hidràulica total sobre la bomba.....	25
1.8.2.4. Càlcul de la potència necessària sobre la moto-bomba.....	27

1.8.3. Selecció de l'equipament.....	27
1.8.3.1. Moto-bombes.....	27
1.8.3.2. Dipòsits	29
1.8.3.3. Tubs de conducció de l'aigua.....	30
1.8.3.4. Vàlvules i acoblaments.....	30
1.8.3.5. Sistemes de sanejament d'aigua.....	31
1.8.3.6. Altres components necessaris.....	32

BLOC CONCLUSIU

1.9. Pressupost.....	34
1.10. Resultats obtinguts.....	35
1.11. Conclusions.....	36
2. <u>Plànols</u>	37
3. <u>Annex</u>	38
4. <u>Bibliografia</u>	39

1. MEMÒRIA

1.1 INTRODUCCIÓ

Antigament, els nostres avantpassats eren capaços de viure a la Terra sense explotar-la massivament ni malmetre'n el seu equilibri.

Al llarg de la nostra evolució i desenvolupament s'ha cregut que l'ésser humà té el poder absolut sobre els recursos terrestres, fins el punt d'arribar a alterar l'equilibri biològic i climàtic per satisfer-ne les seves necessitats. Ara, la societat comença a ser conscient que les conseqüències d'aquests actes posen en perill la nostra pròpia existència.

S'ha guanyat en serveis, productes, tecnologia, comoditat... Això ha derivat en no ser conscients del cost econòmic i ambiental que això comporta.

L'aigua és essencial per la vida. La nostra existència, així com les activitats econòmiques depenen totalment d'aquest recurs. De fet, els recursos hidràulics es veuen afectats per múltiples usos com són els de l'agricultura, la indústria i el consum domèstic.

Aquest projecte pretén fer possible una forma de vida que inclogui els avantatges i comoditats del món modern, juntament amb la sensibilitat i responsabilitat de cuidar i respectar el nostre medi ambient.

Davant el repte de conjugar les necessitats humanes i les planetàries, el projecte es desenvolupa a partir del coneixement, l'experiència i l'ajuda de la tecnologia, a fi d'arribar a un equilibri comú on les dues parts en siguin beneficiades, o bé; el menys alterades possible.

Per això s'ha decidit realitzar una xarxa hidràulica sostenible. El projecte tracta d'implantar uns sistemes en un habitatge, per tal d'aconseguir de forma econòmicament viable i amb unes garanties de confortabilitat, un habitatge per a qualsevol família que ho convingui.

Es pretén dissenyar la xarxa hidràulica sostenible per a un habitatge unifamiliar amb la idea d'obtenir una reducció del consum d'aigua de la xarxa pública d'aigües entorn al 30%. L'habitatge caldrà que estigui localitzat en una zona on es tingui accés a la xarxa pública d'aigües i a la vegada es disposi d'una precipitació anual mitjana mínima per tal de garantir el subministrament d'aigua necessari.

En definitiva, la motivació per la realització d'aquest projecte es la d'establir una metodologia de disseny de les xarxes hidràuliques dels habitatges que permeti reduir el consum d'aigua i que pugui ser implementada amb facilitat en qualsevol dels habitatges anteriorment descrits. També es dissenyarà una xarxa hidràulica sostenible per un habitatge unifamiliar concret mitjançant la metodologia establerta, de manera que es podrà conèixer la reducció del consum d'aigua i els costos d'implantació.

1.2 OBJECTIUS

En aquest projecte es pretén establir una metodologia de disseny de la xarxa hidràulica sostenible per a un habitatge, escollint les tècniques de càlcul més òptimes per adequar-les a la realització del projecte; per tal de, finalment, dissenyar la xarxa hidràulica sostenible d'un habitatge en concret; desviant així la construcció convencional, un canvi necessari per la societat per tal d'evolucionar cap a la construcció sostenible que es busca en aquest projecte. Els objectius que es volen aconseguir en aquest projecte són:

- Definir criteris per desenvolupar un disseny sostenible de la xarxa hidràulica d'un habitatge.
- Dissenyar un sistema que minimitzi el consum de la xarxa pública d'aigües.
- Dimensionar i seleccionar els components i equipaments necessaris de la xarxa hidràulica sostenible.
- Comparar la xarxa hidràulica convencional amb la xarxa hidràulica sostenible.

1.3 JUSTIFICACIÓ

L'aigua és un dels recursos naturals més valuosos amb que compta la humanitat. Tot i que la major part del nostre planeta està compost per aigua, el 97 per cent del total és salada, i gran part de la resta està congelada en els pols.

L'aigua és tant un dret com una responsabilitat. Té un valor econòmic, social i ambiental, de manera que qualsevol actuació pública i privada està obligada a tenir en compte aquesta triple dimensió. No és un bé il·limitat, ni la seva disponibilitat en quantia i qualitat adequada és gratuïta. Cal tenir en compte tant els costos reals com el benefici econòmic que genera la seva utilització, respectant al mateix temps l'exigència d'un cabal mínim per mantenir els ecosistemes.

Dotació mínima d'aigua [litres/habitant/dia]	
Beure	5
Serveis de sanejament	25
Preparació d'aliments	10
Higiene	15
Total	55

Taula 1: Dotació mínima d'aigua

La decisió de dur a terme aquest projecte ha estat perquè el tipus de disseny que es proposa, actualment es troba en alça. I amb tota seguretat acabarà essent la metodologia emprada en el futur. Paral·lelament, la instal·lació de sistemes sostenibles, permetran a la família gaudir de les comoditats d'un habitatge convencional a un cost menor.

1.4 METODOLOGIA

La metodologia emprada en aquest projecte consta de tres parts clarament diferenciades:

- Establir un procediment per al disseny de xarxes hidràuliques sostenibles: Es requerirà d'una recerca bibliogràfica, dels coneixements obtinguts durant la realització del grau en enginyeria mecànica i de l'ajut dels codirectors d'aquest TFG.
- Dissenyar una xarxa hidràulica sostenible concreta: Utilitzant el procediment anterior, es dissenyarà una xarxa hidràulica sostenible per a un habitatge unifamiliar. Caldrà seleccionar del mercat tots els elements necessaris per fer possible aquesta xarxa hidràulica sostenible.
- Anàlisi final: Valorar els resultats obtinguts i extreure conclusions.

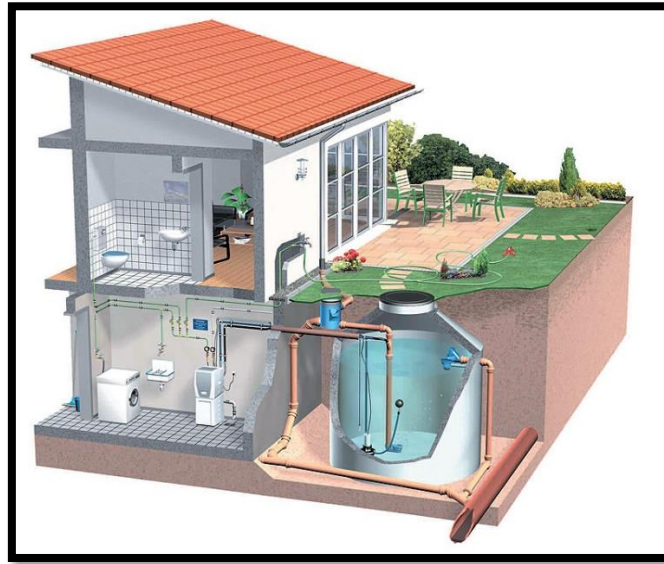


Figura 1: Habitatge equipat amb xarxa hidràulica sostenible

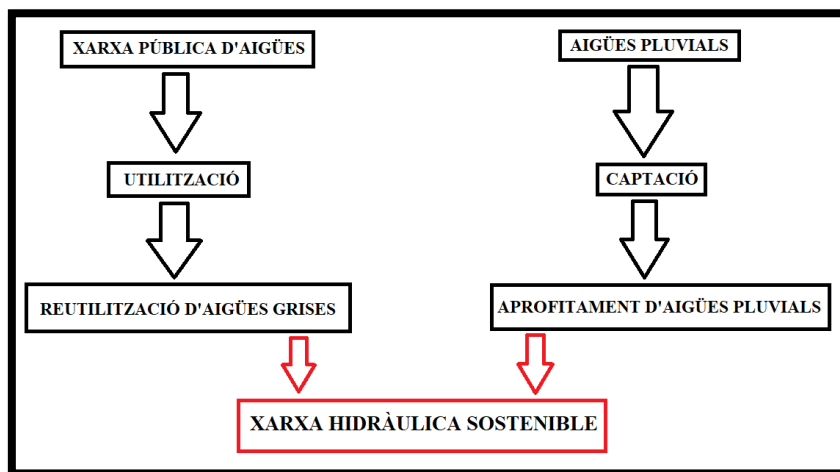


Figura 2: Síntesi de la xarxa hidràulica sostenible

1.5 CRITERIS D'ECO EFICIÈNCIA HIDRÀULICA

Atès l'augment progressiu del consum d'aigua dels edificis i el malbaratament d'aquest recurs, cal prendre mesures per racionalitzar el consum i augmentar la reutilització de l'aigua que sigui aprofitable.

Com a mesures estalviadores s'ha de promocionar la utilització d'elements i/o mecanismes economitadors d'aigua en aixetes i equips de dutxa, així com també les cisternes dels vàters hauran de disposar de mecanismes de doble descàrrega o de descàrrega ininterrompuda.

Pel que fa a la xarxa hidràulica, hauran d'estar separades les aigües residuals de les pluvials i de les de consum humà, per tal d'aconseguir la màxima eficiència.

Cal conscienciar i ensenyar als residents dels habitatges a fer un bon ús de l'aigua i de la xarxa hidràulica per tal de garantir la màxima eficiència.



Figura 3: Consells per reduir el consum d'aigua

1.6 DESCRIPCIÓ DE LA XARXA HIDRÀULICA SOSTENIBLE

Per tal d'assolir els objectius i els criteris d'eco eficiència anteriorment esmentats, la xarxa hidràulica sostenible estarà formada per dos sistemes clarament diferenciats:

- Sistema d'aprofitament d'aigües pluvials
- Sistema de reutilització d'aigües grises i negres

Amb aquestes premisses s'han seleccionat els sistemes que es descriuen a continuació.

1.6.1 SISTEMA D'APROFITAMENT D'AIGÜES PLUVIALS

Aquest sistema és l'encarregat de permetre l'aprofitament de les aigües pluvials per aquells usos on els requeriments de qualitat no són els més estrictes.

L'aigua de pluja presenta una sèrie de característiques avantatjoses:

- És una aigua extremadament neta en comparació amb altres fonts d'aigua dolça disponibles.
- És un recurs essencialment gratuït i totalment independent de les companyies subministradores habituals.
- Necessita una infraestructura bastant senzilla per a la seva captació, emmagatzemament i distribució.

L'aigua de la pluja s'ha utilitzat històricament per a rentar-se, beure i cuinar directament amb ella. Encara que als nostres temps, els criteris d'utilització són una mica més restrictius i no es aconsella la utilització directa de l'aigua de pluja per als usos abans esmentats. Però es relativament fàcil adaptar-la per poder disposar d'aquesta aigua com a aigua potable, encara que en aquest projecte no s'estudiarà aquesta possibilitat.

Per a molts usos domèstics, la qualitat de l'aigua no precisa arribar als paràmetres aptes per al consum humà. Es fa referència a la utilització de la rentadora, el rentaplats, l'aigua que utilitzem per a la neteja de la casa, cisterna del WC, i el reg en general. En aquests casos l'aigua de la pluja pot substituir sense cap problema l'aigua potable.

EQUIP BÀSIC DE RECOLLIDA I GESTIÓ DE L'AIGUA DE PLUJA

Per entendre el disseny del sistema es precis recordar que l'aigua de pluja es captarà en tots els mesos de l'any . Fet pel qual l'haurem d'emmagatzemar per a ser utilitzada per satisfer la demanda.

El disseny que es presenta a continuació pren com a criteri l'intent d'aprofitar al màxim l'aigua de pluja i consta dels següents elements:

1. Coberta: Element encarregat de la captació de les aigües pluvials.
2. Canaleres i baixants: Recullen l'aigua de la coberta i la condueixen cap al dipòsit d'emmagatzemament. És aconsellable la instal·lació d'un component que eviti l'entrada d'elements estranys al sistema.

3. Filtres: Necessaris per garantir una bona qualitat de l'aigua, un bon funcionament del sistema i una llarga vida útil.
4. Dipòsit d'emmagatzematge: Espai on s'emmagatzema l'aigua de pluja. El seu lloc ideal es soterrat o situat en un lloc amb poca llum i temperatures fresques, evitant així l'aparició d'algues i bacteris. Cal que estigui equipat amb un sensor de nivell.
5. Dipòsits de pressió: Espai on s'emmagatzemarà l'aigua a la pressió requerida segons les necessitats de consum d'aquesta. Aquest dipòsit permet allargar la vida útil de les bombes hidràuliques de manera substancial. Cal que estigui equipat amb un sensor de pressió.
6. Bombes hidràuliques: Elements mecànics encarregats de traslladar l'aigua als llocs requerits a la pressió requerida.
7. Tubs: Encarregats de conduir l'aigua.
8. Vàlvules: Dispositius encarregats de regular, dirigir o controlar el flux de l'aigua.
9. Acoblaments: S'utilitzen per connectar els diferents tubs del sistema.

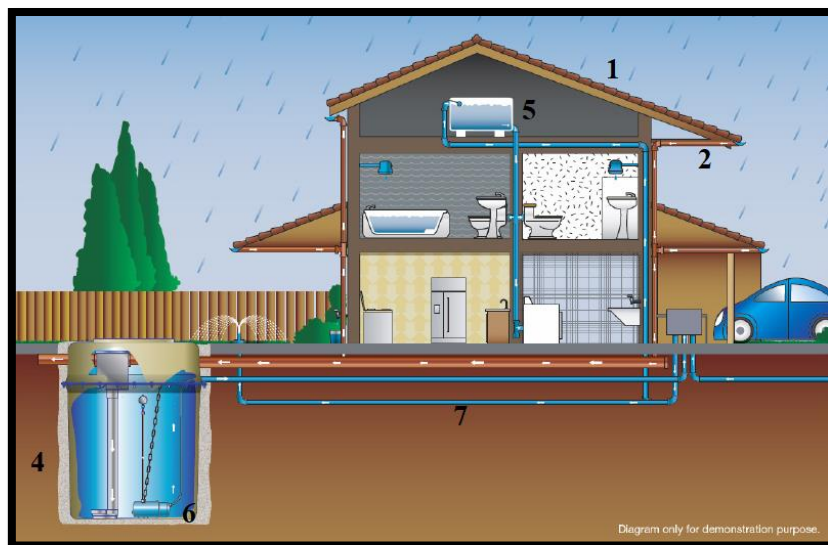


Figura 4: Sistema d'aprofitament d'aigües pluvials

1.6.2 SISTEMA DE REUTILITZACIÓ D'AIGÜES GRISES I NEGRES

Aquest sistema és l'encarregat de permetre la reutilització de les aigües grises/negres generades pel consum quotidià i aprofitar-les per aquells usos on els requeriments de qualitat no són els més estrictes.

A continuació es descriuran tres mètodes que poden ser viables per al disseny de la xarxa hidràulica sostenible:

SISTEMA AQUUS

Aquest sistema recull l'aigua utilitzada del lavabo i la reutilitza al WC. L'aigua es filtra i desinfectada per a un posterior emmagatzematge en un dipòsit a sota del lavabo. Al

moment de fer servir la cisterna del WC, un sensor fa que l'aigua es bombegi del dipòsit a la cisterna del WC.

L'estructura i funcionament general és el següent:

1. L'aigua surt pel desguàs del lavabo i es dirigeix al sistema.
2. Circula a través d'una pastilla desinfectant que controla bacteries i altres contaminants.
3. Hi ha un filtre que reté cabells i altres objectes sòlids. La capacitat del dipòsit es de 20 litres d'aigua ja tractada.
4. Quan es tira de la cadena, un sensor de nivell a la cisterna activa la bomba del AQUUS.
5. L'aigua reciclada omple la cisterna a través d'accessos independents de l'aigua de xarxa.

La proporció d'aigua reciclada/aigua de xarxa que omple la cisterna es de 80/20%. D'aquesta manera s'assegura que la cisterna del WC sempre rebi aigua. Independentment del nivell d'aigua que s'hagi acumulat.



Figura 5: Sistema Aquus

En el cas de rebre més aigua de la que pugui emmagatzemar, l'excedent surt pel desaigua. Un altre avantatge important és el poc manteniment que requereix, ja que no s'han de canviar filtres i la única acció de manteniment que s'ha de realitzar és la col·locació d'una pastilla desinfectant cada cert temps, segons la utilització de l'aparell.

SISTEMA PONTOS

Aquest sistema transforma l'aigua procedent de la banyera i la dutxa en aigua reciclada a través d'una neteja automàtica i purament biològica-mecànica, sense additius químics. Es a dir, l'aigua tractada torna a estar disponible una segona vegada, per exemple, per al WC, la neteja o el reg de les zones verdes. El sistema PONTOS ens aporta una aigua tractada amb una qualitat alta i constant, i encara que no sigui una aigua apte per al consum humà té uns paràmetres de qualitat òptims per als usos abans esmentats.

L'estructura i funcionament general és el següent:

1. Unitat de filtratge amb auto-rentat a contracorrent controlat electrònicament.
2. Càmera prèvia (neteja inicial) i càmera principal de reciclatge per la segona fase de neteja biològica-mecànica.
3. Mecanisme automàtic d'absorció de sediments per a l'eliminació a través del clavegueram dels residus orgànics del procés biològic-mecànic.
4. Subministrament d'aigua potable amb activació automàtica segons necessitat.
5. Làmpada ultraviolada per a l'eliminació de gèrmens. Un cop finalitzat el procés, l'aigua queda lliure d'olors i apte per a la seva conservació.
6. Càmera per al emmagatzemament de l'aigua reciclada i el seu ús posterior.
7. Bomba de pressió responsable del subministrament d'aigua reciclada i del manteniment de la funció automàtica de rentat a contracorrent del filtre.
8. Centre de control del sistema amb funció d'auto-comprovació.

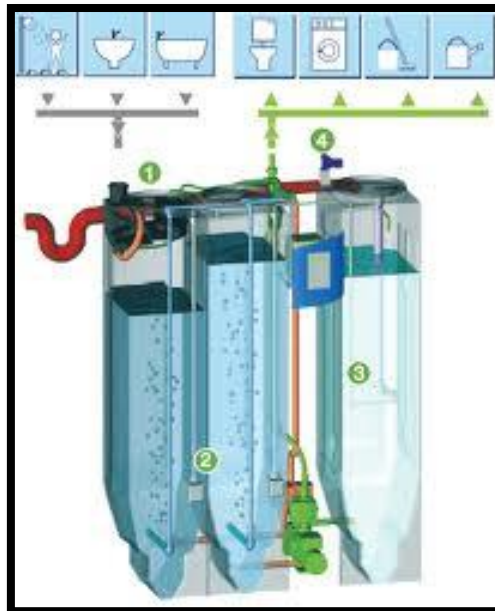


Figura 6: Sistema Pontos

Si la càmera d'aigua reciclada arriba a un mínim preestablert s'afegiria aigua de la xarxa pública d'aigües.

LLACUNATGE

Aquest sistema de depuració també pot depurar les aigües negres i consisteix a recollir els residus en llacunes i deixar-los reposar fins que la matèria orgànica que contenen s'estabilitza per descomposició bacteriana (acció oxidant natural dels microorganismes).

Els aiguamolls tenen un gran potencial d'autodepuració gràcies a la vegetació, el sòl i la flora bacteriana que hi viu. Des de fa anys això s'aprofita per construir sistemes que, tot imitant la natura, depuren les aigües residuals de forma respectuosa amb l'entorn natural i amb menys requeriments energètics. Són els aiguamolls construïts o "artificials".

El llacunatge consisteix en una sèrie de reactors (llacunes) generalment excavats en el terreny i capaços de funcionar com a dipòsits d'emmagatzematge d'aigua residual durant períodes de temps determinats.

El tractament de l'aigua residual té lloc per sedimentació de la matèria en suspensió i degradació microbiana de la matèria orgànica.

En el cas dels aiguamolls artificials de flux superficial, el funcionament és senzill, es tracta de basses impermeabilitzades, plenes de grava i plantes. Les aigües brutes entren per un costat de la bassa. L'aigua depurada surt, uns dies després, per un sobreixidor a l'altra banda.

L'aiguamoll està constituït per una excavació amb fons impermeable, sobre el qual es disposa un substrat i vegetació. La profunditat de la làmina d'aigua ha de ser d'uns 0,4 metres.

En aquest tipus d'aiguamolls l'aigua es troba exposada directament a l'atmosfera i circula, preferentment, per les tiges de les plantes.

L'alimentació es dona de manera contínua i la depuració té lloc en el trànsit de les aigües per les tiges i les arrels de la vegetació emergent implantada.

Tiges, arrels i fulles caigudes serveixen de suport per a la fixació de la pel·lícula bacteriana responsable dels processos de biodegradació, mentre que les fulles que estan per sobre de la superfície de l'aigua donen ombra a la massa d'aigua, limitant el creixement de micro-algues.

La principal font d'oxigen per a la nitrificació en les zones humides és la ventilació atmosfèrica de la superfície de l'aigua. Tot i que l'aiguamoll és poc profund, la majoria del líquid està en condicions anaeròbiques. Com a resultat, la nitrificació es du a terme a la part propera a la superfície de l'aigua, i la desnitrificació, en la resta del líquid.

Les fonts de carboni per a la desnitrificació són la capa de restes de vegetació que es troba submergida, altres restes al bentos i la demanda biològica d'oxigen de l'aigua residual.

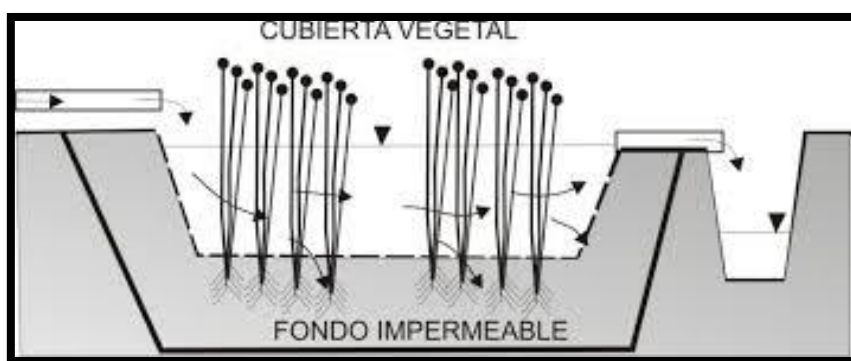


Figura 7: Llacunatge artificial de flux superficial

Aquest tipus d'aiguamoll necessita un pretractament, un tractament primari i un tractament secundari aigües amunt (fossa sèptica amb filtre percolador o similar).

La superfície de l'aiguamoll de llacunatge ha de ser com a mínim de 6m² per habitant de l'habitatge on es vulgui implantar.

1.7 DISSENY D'UNA XARXA HIDRÀULICA SOSTENIBLE

La xarxa hidràulica sostenible està formada per una combinació del sistema de reutilització d'aigües grises i negres i el sistema d'aprofitament d'aigües pluvials.

1.7.1 DISSENY DEL SISTEMA DE REUTILITZACIÓ D'AIGÜES GRISES I NEGRES

El disseny general del sistema de reutilització d'aigües grises i negres és el següent:

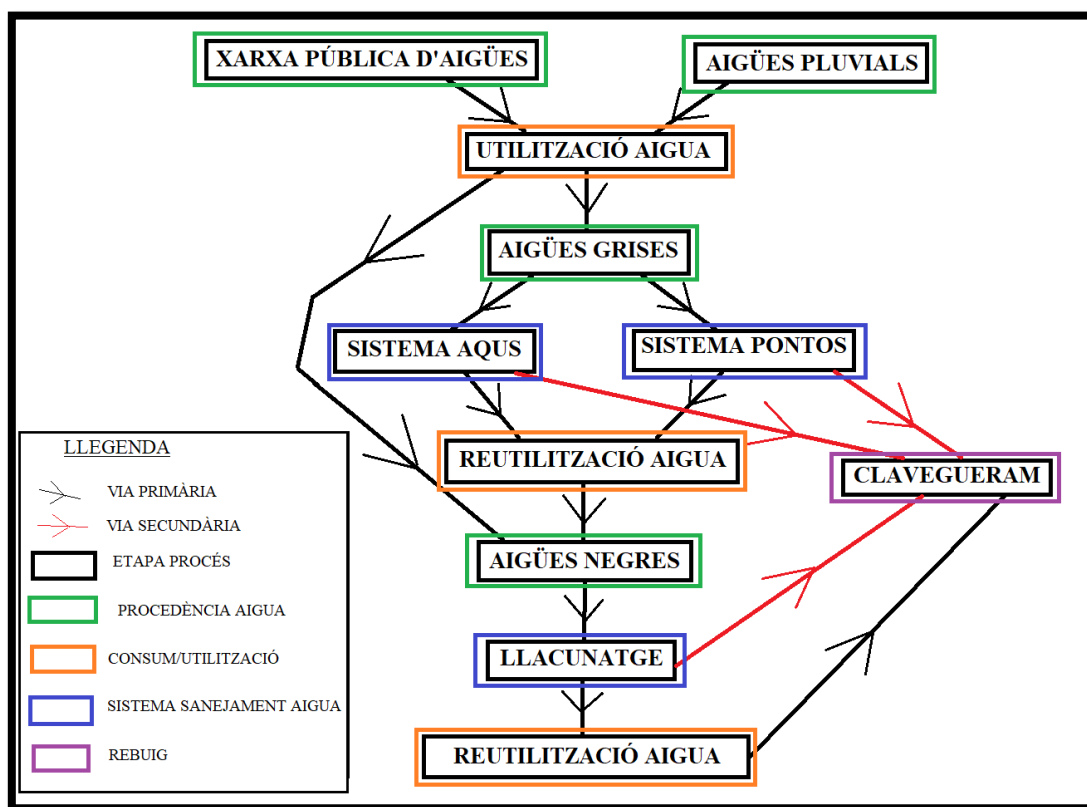


Figura 8: Esquema disseny sistema de reutilització d'aigües grises i negres

En aquest sistema cal establir segons l'ús que li donem a l'aigua de xarxa/de pluja, si aquesta serà considerada com a aigua grisa o negra, d'aquesta manera dirigirem l'aigua cap al sistema de sanejament que pertorqui. També cal definir com es distribuirà l'aigua en el sistema i si la utilització de filtres serà necessària.

1.7.2 DISSENY DEL SISTEMA D'APROFITAMENT D'AIGÜES PLUVIALS

El disseny general del sistema d'aprofitament d'aigües pluvials es mostra a continuació en la figura 10.

Per aquest sistema cal definir les vàlvules i acoblaments necessaris per garantir un correcte funcionament i manteniment del sistema així com el tipus de filtres necessaris. També cal establir el criteri de funcionament del grup de pressió format pel bombeig i el dipòsit de pressió.

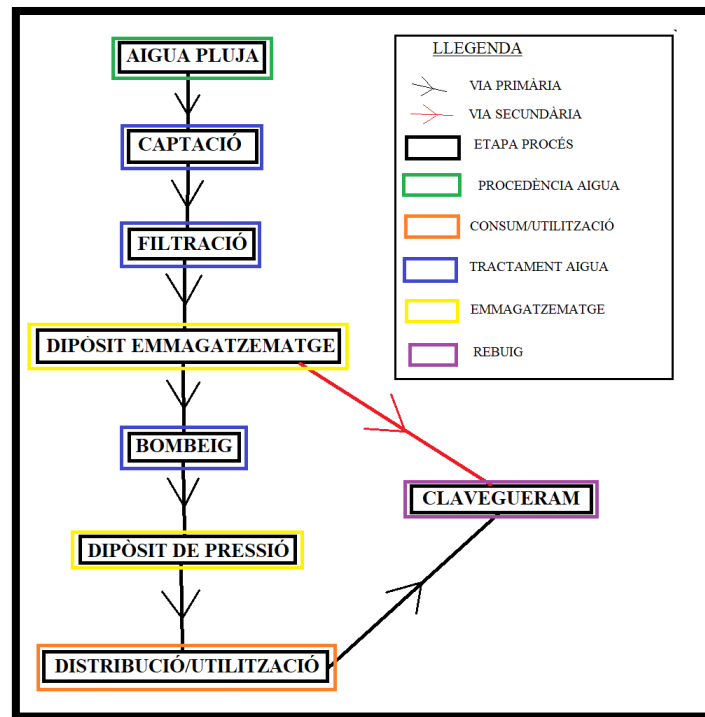


Figura 9: Esquema disseny sistema d'aprofitament d'aigües pluvials

1.7.3 DISSENY DE LA XARXA HIDRÀULICA SOSTENIBLE

El disseny general de la xarxa hidràulica sostenible es mostra en la figura següent:

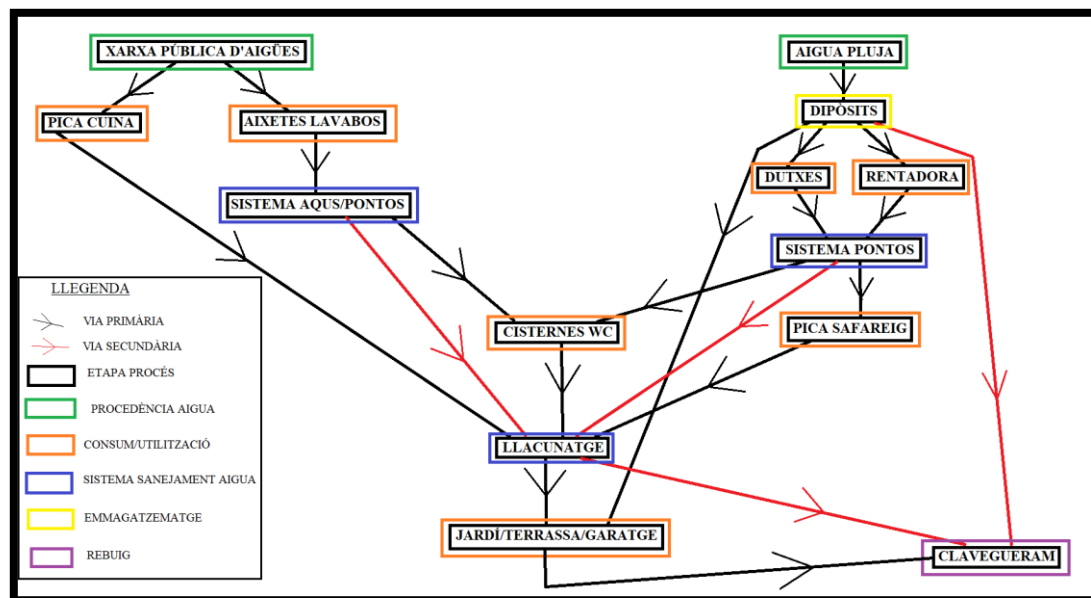


Figura 10: Esquema disseny xarxa hidràulica sostenible

Es pot observar que, segons el disseny general, el consum d'aigua de la xarxa pública d'aigües anirà destinat només a la pica de la cuina i a les aixetes dels lavabos, ja que s'ha decidit que aquest són els punts on la disponibilitat d'aigua potable es necessita. Per altra banda, en cas d'escassetat d'aigua de pluja, el consum d'aigua de la xarxa pública d'aigües es destinarà també a la rentadora i a les dutxes.

1.7.4 AVALUACIÓ DE L'ENERGIA HIDRÀULICA NECESSÀRIA

En aquest apartat es descriurà el procediment a seguir per dissenyar els sistemes de bombeig necessaris per a la xarxa hidràulica sostenible. Aquest procediment està especialment enfocat al bombeig necessari per al sistema d'aprofitament d'aigües pluvials, tot i que també es podrà utilitzar per qualsevol sistema de bombeig que la xarxa hidràulica sostenible requereixi.

1.7.4.1 CÀLCUL DE LES NECESSITATS D'AIGUA

Per poder realitzar el càlcul de l'energia hidràulica necessària, és essencial conèixer el volum d'aigua que s'haurà de bombejar.

Segons el disseny de la xarxa hidràulica sostenible de la Figura 8, extraïem que el sistema de bombeig serà necessari per distribuir l'aigua de pluja emmagatzemada en els dipòsits cap a les dutxes, la rentadora i al jardí/garatge/terrassa. També cal assenyalar que, segons el disseny constructiu de l'habitatge on es pretengui instal·lar la xarxa hidràulica sostenible, el sistema de bombeig podria ser necessari per distribuir l'aigua a la sortida del llacunatge o per dirigir l'aigua utilitzada en qualsevol etapa de consum cap al sistema de sanejament que pertochi.

En la taula següent s'adjunten les dades orientatives de consum mitjà d'aigua en un habitatge.

Ús	Volum
Netejar la casa	15 l
Posar una rentadora	200 l
Posar el rentavaixelles	150 l
Netejar la vaixela a mà amb l'aixeta oberta	100 l
Netejar la vaixela a mà amb la pica tapada	20 l
Cuinar	6-8 l
Dutxar-se	60 l
Banyar-se	200 l
Rentar-se les dents amb l'aixeta oberta	30 l
Rentar-se les dents tancant l'aixeta	1,5 l
Afaitar-se amb l'aixeta oberta	40-75 l
Afaitar-se tancant l'aixeta	3 l
Rentar el cotxe amb mànega	500 l
Rentar el cotxe amb cubell	50 l
Descarregar la cisterna del vàter	10 l
Mitja descàrrega de la cisterna del vàter	6 l
Regar un jardí petit	75 l
Regar les plantes de casa	15 l

Taula 2: Consums aproximats d'aigua [Font: Aigües de Barcelona]

Mitjançant aquesta taula, el disseny constructiu de l'habitatge on s'instal·li la xarxa hidràulica sostenible i el nombre de persones que hi habitin, podrem conèixer el volum d'aigua que haurà de ser bombejat.

1.7.4.2 AVALUACIÓ DE LES AIGÜES PLUVIALS DISPONIBLES

Una vegada coneguda la quantitat d'aigua de pluja que s'haurà de bombejar a la xarxa hidràulica sostenible, caldrà comprovar que el volum de precipitacions pot satisfer la demanda de l'habitatge. El volum de precipitacions variarà segons la localització geogràfica de l'habitatge i l'època de l'any.

Per tal de realitzar un correcte dimensionament dels dipòsits i les tuberes, és necessari disposar de les dades de precipitació mensuals de la localització geogràfica de l'habitatge on s'instal·li la xarxa hidràulica sostenible. Generalment, el volum de precipitació mensual s'expressa en $[l/m^2]$.

Aquestes dades meteorològiques estan registrades en les estacions meteorològiques d'arreu del món.

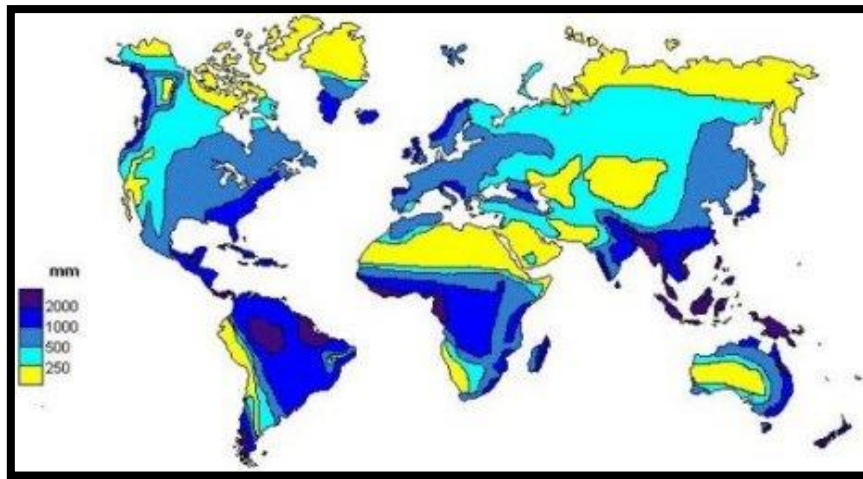


Figura 11: Precipitació mitjana mundial

1.7.4.3 CÀLCUL DE L'ALTURA HIDRÀULICA TOTAL SOBRE LES BOMBES

L'altura hidràulica total sobre les bombes és la pressió a la qual les bombes han de treballar per tal d'assolir els requeriments del sistema on s'instal·laran, garantint així un funcionament i rendiment òptims.

Les principals equacions que s'utilitzaran per calcular l'altura total sobre les bombes seran "L'Equació General de l'Energia (EGE)"; una extensió de l'equació de Bernoulli i "L'Equació de Continuitat".

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + h_{pump} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} - h_l \quad (\text{Equació 1: EGE}), \text{ on:}$$

- P_1 és la pressió en el punt 1
- P_2 és la pressió en el punt 2
- γ és el pes específic del fluid
- z_1 és l'elevació del punt 1
- z_2 és l'elevació del punt 2

- v_1 és la velocitat de flux del fluid en el punt 1
- v_2 és la velocitat de flux del fluid en el punt 2
- h_l són les pèrdues de càrrega en el sistema
- h_{pump} és l'altura hidràulica total sobre la bomba

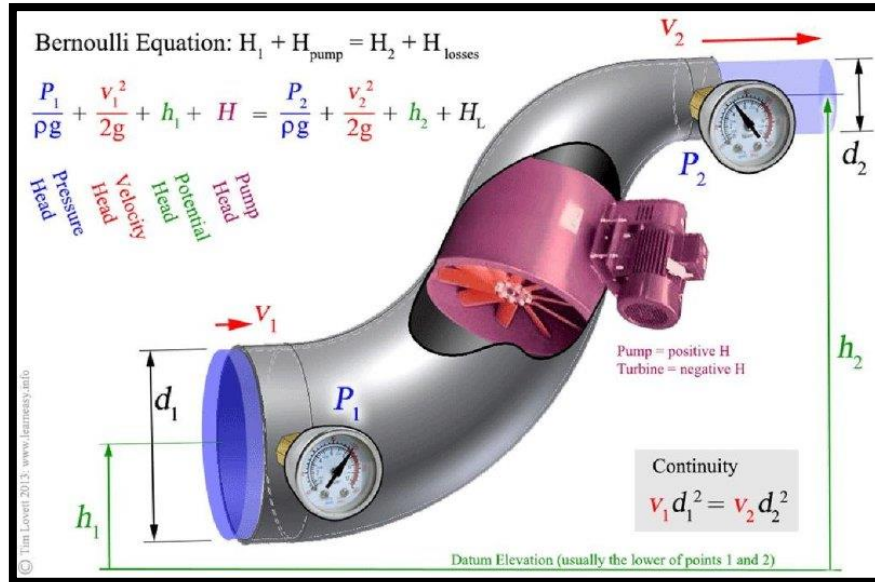


Figura 12: Descripció dels teoremes de Bernoulli i de Continuitat

$v_1 \cdot d_1^2 = v_2 \cdot d_2^2$ (**Equació 2: Equació de Continuitat**), on:

- v_1 és la velocitat de flux del fluid en el punt 1
- v_2 és la velocitat de flux del fluid en el punt 2
- d_1 és el diàmetre del tub en el punt 1
- d_2 és el diàmetre del tub en el punt 2

Cal mencionar que durant el disseny de la xarxa hidràulica sostenible es poden utilitzar altres equacions per calcular l'altura hidràulica total sobre les bombes.

1.7.4.4 CÀLCUL DE LA POTÈNCIA TOTAL SOBRE ELS MOTORS

Una vegada establert el volum d'aigua que ha de ser bombejat i l'altura hidràulica total sobre la bomba, procedim a calcular la potència necessària en la moto-bomba.

La principal equació per calcular la potència necessària en una moto-bomba és la següent:

$$P_m = \frac{h_{pump} \cdot \gamma \cdot Q}{\eta_{eh}} \quad (\text{Equació 3: Potència en una Bomba}), \text{ on:}$$

- h_{pump} és l'altura hidràulica total sobre la bomba
- γ és el pes específic del fluid
- Q és el flux volumètric bombejat
- η_{eh} és el rendiment de la bomba
- P_m és la potència requerida en el motor elèctric

1.7.5 DIMENSIONAMENT DE L'EQUIP NECESSARI

En aquest apartat es definirà la metodologia a seguir per seleccionar l'equipament necessari per a la xarxa hidràulica sostenible. Cal destacar que avui en dia el mercat ofereix gran varietat de productes, és per això que un dels criteris principals de selecció ha de ser la relació qualitat-preu d'aquests components.

1.7.5.1 DIMENSIONAT DE LES BOMBES

La bomba hidràulica és l'element responsable del bombeig de l'aigua. Segons els requeriments de l'habitatge on es pretengui instal·lar la xarxa hidràulica sostenible caldrà instal·lar una o diverses bombes.

S'han de seleccionar les bombes tals que siguin capaces de subministrar l'altura hidràulica i el flux volumètric necessaris mantenint una eficiència elevada.

El mercat actual ofereix una gran diversitat de bombes hidràuliques, per això caldrà fixar-se en la informació tècnica per tal d'escollir la més apropiada.

En la figura 14 es mostren les dades de rendiment d'una bomba centrífuga obtingudes en el catàleg del fabricant de la bomba. És aconsellable que la bomba seleccionada treballi en règim d'alt rendiment.

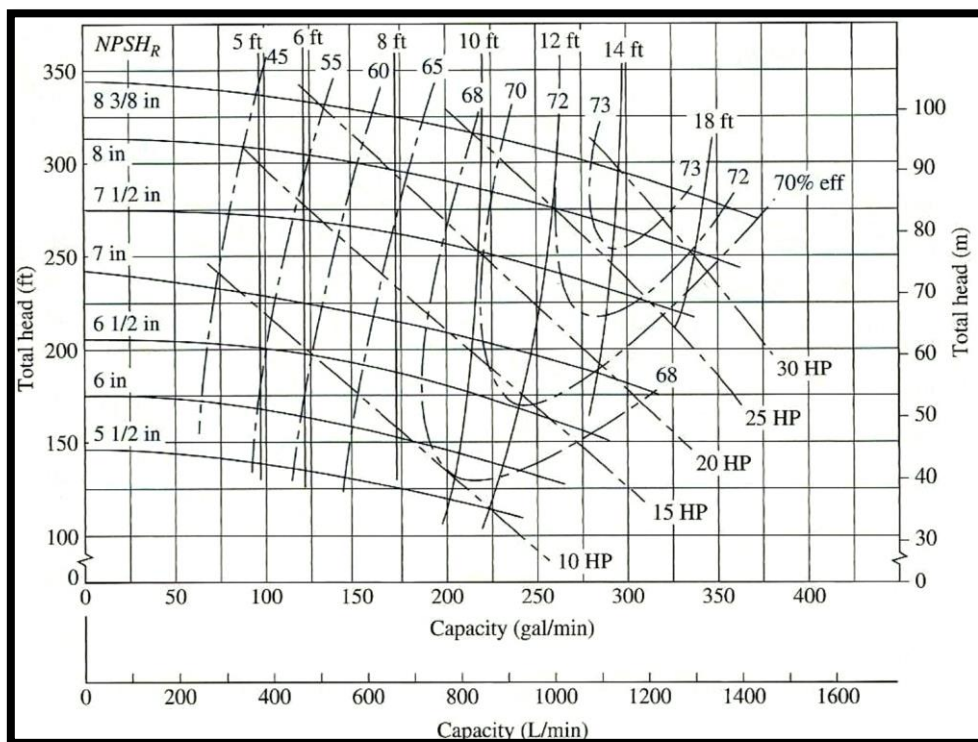


Figura 13: Dades de rendiment d'una bomba centrífuga

1.7.5.2 DIMENSIONAT DELS MOTORS

El motor es l'element responsable de transmetre la potència necessària a la bomba. Caldrà que satisfacin els requeriments de la xarxa hidràulica sostenible i que siguin raonablement eficients, contemplant l'increment en el cost que això suposarà.



	Permanent Magnet	AC Induction	Brushless DC	Universal
Voltage	DC	AC	AC, DC (Control)	AC, DC
Speed	1,000 - 5,000	1,350 - 3,400	1,000 - 5,000	8,000 - 20,000+
Horsepower	Medium	Low-Medium	High	Very High
Efficiency	60% - 70%	40% - 80%	65% - 90%	55% - 70%
Life	Medium	Very High	Very High	Low
Maintenance	Medium	Very Low	Very Low	High
Noise	Medium	Quiet	Very Quiet	Noisy
Speed Regulation	Fair	Good	Excellent	Poor
Starting Torque	Very High	Low - Medium	Very High	High

Figura 14: Tipus de motors elèctrics

A l'hora de seleccionar el motor elèctric és important considerar els següents criteris:

- Potència: Cal que el motor elèctric sigui capaç de subministrar la potència elèctrica requerida per les bombes.
- Tipus de tensió: Si treballarà amb tensió monofàsica o trifàsica.
- Tipus de corrent: Si treballarà amb corrent altern o continu.
- Freqüència: Si treballarà a 50Hz o 60Hz.
- Grau de protecció: Protecció del motor contra l'entrada d'elements estranys, contacte accidental i protecció contra l'aigua.



Figura 15: Motor elèctric (dreta) connectat a una bomba centrífuga (esquerra)

Tots aquests criteris apareixen als catàlegs dels fabricants de motors elèctrics.

1.7.5.3 DIMENSIONAT DELS DIPÒSITS D'AIGUA

Els dipòsits d'aigua són els components utilitzats per emmagatzemar l'aigua del sistema. És necessari seleccionar com a mínim un dipòsit de gran capacitat per tal d'emmagatzemar l'aigua de pluja recollida en la teulada. Opcionalment s'equiparà la xarxa hidràulica sostenible amb un dipòsit de pressió acumulador per tal de millorar la capacitat de subministrament del sistema, aquest dipòsit requereix ser capaç d'emmagatzemar una quantitat d'aigua a pressió suficient per abastir d'aigua a l'habitatge durant uns pocs dies. La capacitat d'emmagatzematge dels dipòsits variarà en funció del nombre d'habitants de l'habitatge, del tipus d'habitatge i de la pluviometria de la situació geogràfica de l'habitatge.



Figura 16: Diferents tipus de dipòsits d'aigua

1.7.5.4 DIMENSIONAT I SELECCIÓ DELS SISTEMES DE SANEJAMENT DE L'AIGUA

Els sistemes de sanejament de l'aigua són els components que permeten la reutilització de l'aigua. En funció del volum i tipus d'aigua que poden tractar i l'ús final de l'aigua tractada, s'haurà d'escollir quin tipus de sistema de sanejament és el més apropiat.

Sistema	Tipus	Ús	Volum
Aqus	Aigües grises	WC	Petit
Pontos	Aigües grises	WC, Neteja, Reg	Mitjà
Llacunatge	Aigües negres	Reg, Neteja exterior	Mitjà/Gran

Taula 3: Paràmetres de selecció dels sistemes de sanejament de l'aigua

Mitjançant la taula anterior es pot escollir quin és el sistema de sanejament de l'aigua més apropiat per cada necessitat.

1.7.5.5 DIMENSIONAT DELS TUBS DE CONDUCCIÓ DE L'AIGUA

Les tuberes són els elements encarregats de conduir l'aigua en el sistema.

El diàmetre de les tuberes s'ha de calcular d'acord amb les pèrdues de càrrega, especificades un cop obtingudes l'altura hidràulica necessària i la longitud de les tuberes.

Per tal reduir les pèrdues, cal seleccionar el diàmetre dels tubs mitjançant les figures 17 i 18. Cal tenir en compte també el material amb el que estan fabricats aquests tubs.

Flujo volumétrico		Línea de succión			Línea de descarga		
		Tamaño de tub. (pulg)	Velocidad		Tamaño de tub. (pulg)	Velocidad	
gal/min	m ³ /h		pie/s	m/s		pie/s	m/s
10	2.3	1	3.7	1.1	3/4	6.0	1.8
100	22.7	2 1/2	6.7	2.0	2	9.6	2.9
500	114	5	8.0	2.4	3 1/2	16.2	4.9
2000	454	8	12.8	3.9	6	22.2	6.8

Figura 17: Taula de selecció de la grandària de les tuberes

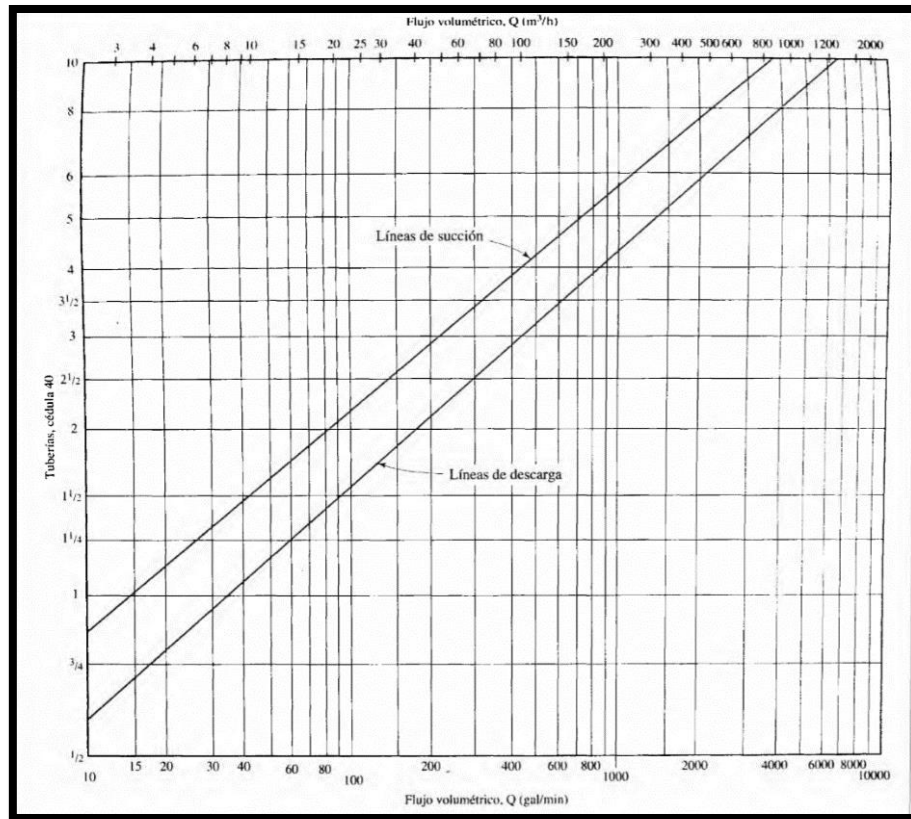


Figura 18: Gràfic de selecció de la grandària de les tuberes

1.7.5.6 DIMENSIONAT DE LES VÀLVULES I ELS ACOBLAMENTS

Les vàlvules s'utilitzen per controlar la quantitat de flux que circula, els acoblaments s'utilitzen per controlar la trajectòria del flux i per canviar-ne la dimensió.

Existeixen diversos tipus de vàlvules i acoblaments, com ara les vàlvules de comporta, les vàlvules de peu, les connexions "T", els acoblaments d'expansió o contracció... cada un d'ells s'utilitza per diferents aplicacions. Segons la xarxa hidràulica sostenible que es pretengui dissenyar caldrà seleccionar els més apropiats per cada necessitat.



Figura 19: Diferents tipus de vàlvules i acoblaments

1.7.6 CONSIDERACIONS DEL SISTEMA

Per tal d'assolir una elevada eficiència, fiabilitat, vida útil i funcionalitat; qualsevol tipus de sistema requereix d'una correcta instal·lació, operació i manteniment.

Algunes de les consideracions més importants a l'hora de desenvolupar una xarxa hidràulica sostenible són les següents:

- Respectar la normativa aplicable a la xarxa hidràulica sostenible.
- Realitzar una pla detallat del sistema, assegurant la disponibilitat de tots els materials i eines, com a mínim seguint aquests passos:
 1. Verificació de la disponibilitat d'aigua.
 2. Obra civil: Fonaments, canonades i dipòsits d'emmagatzematge.
 3. Muntatge dels components mecànics i elèctrics del sistema.
 4. Verificació del funcionament del sistema.
 5. Entrega del manual de funcionament i manteniment a l'usuari de la xarxa hidràulica sostenible, així com instruir-lo sobre el seu funcionament.
- El nivell d'aigua en el sistema pot variar temporalment, en alguns casos en un període curt de temps. El punt de succió de la bomba ha d'estar submergit dins l'aigua en tot moment. Si les variacions del nivell d'aigua poden ocasionar que la bomba funcioni al buit, cal prendre precaucions, com ara la instal·lació de sondes de nivell. També cal instal·lar una sonda de nivell en el dipòsit per evitar el malbaratament de l'aigua.
- Protegir el punt de succió de la bomba de la possible entrada de brutícia o sorra utilitzant els filtres adequats.
- És necessari connectar a terra tot l'equipament del sistema que ho necessiti.
- Evitar utilitzar canonades llargues. Les canonades llargues augmenten les pèrdues i, per tant, la mida de tots els components del sistema.
- Utilitzar canonades d'acer inoxidable o de PVC, adequades per suportar la vida útil de la resta dels elements del sistema.
- Protegir tot l'equipament elèctric utilitzant els elements adequats.
- Protegir les entrades dels dipòsits de brutícia o de qualsevol altre element.
- Adaptar la xarxa hidràulica sostenible a l'habitatge on s'instal·larà:
 1. Instal·lar a l'habitatge dues xarxes hidràuliques, així es podrà utilitzar la xarxa hidràulica comú i/o la xarxa hidràulica sostenible.
 2. Instal·lar a l'habitatge una xarxa hidràulica mixta en la que en alguns punts es consumirà l'aigua procedent de la xarxa pública d'aigües i en altres punts es consumirà aigua de la xarxa hidràulica sostenible.
- Seleccionar els components del sistema per tal de reduir les pèrdues d'energia, mantenint unes dimensions i costos raonables.
- La línia de succió ha de ser tan curta com sigui possible.
- La pressió a l'entrada de la bomba ha de ser suficient per evitar la cavitació.
- En sistemes d'aigua potable, cal desenvolupar un mètode per evitar l'estancament de l'aigua.

- Es recomana instal·lar una vàlvula de tancament a la sortida o a l'entrada de la bomba per tal de reparar-la o canviar-la si és necessari.
- Es recomana instal·lar una vàlvula de peu que eviti que la bomba treballi al buit.
- Instal·lar els accessoris necessaris per aconseguir un millor confort, fiabilitat i eficiència.
- Mantenir les condicions de seguretat necessàries.

1.8 ANÀLISIS PRÀCTIC: DISSENY DE LA XARXA HIDRÀULICA SOSTENIBLE PER A UN HABITATGE UNIFAMILIAR

En aquest apartat es dissenyarà una xarxa hidràulica sostenible per a un habitatge unifamiliar concret, utilitzant la metodologia de disseny establerta anteriorment en aquest Treball Final de Grau.

1.8.1 DISSENY CONSTRUCTIU

L'habitatge on s'instal·larà la xarxa hidràulica sostenible serà una casa unifamiliar d'una planta per a quatre persones amb jardí i garatge, semblant a la de la figura 20.



Figura 20: Casa unifamiliar amb jardí i garatge

1.8.1.1 UBICACIÓ

L'habitatge estarà situat al terme municipal de Balaguer, a la comarca de la Noguera. UTM: N 41° 46' 19,037" E 0° 47' 34,834"

En la figura 21 s'aprecia que l'habitatge estarà ubicat en una zona rural amb escassetat d'aigua. En aquesta zona s'ha de fer arribar l'aigua potable en camions-cisterna per tant la instal·lació d'una xarxa hidràulica sostenible és molt recomanable.



Figura 21: Imatge satèl·lit de l'àrea on estarà situat l'habitatge

1.8.1.2 DISTRIBUCIÓ

En les figures 22 i 23 s'adjunta la distribució exterior i interior de l'habitatge. Es pot observar que pel que fa a l'exterior, l'habitatge disposa de suficient espai per a la instal·lació dels elements necessaris per a la xarxa hidràulica sostenible. Referent a l'interior, l'habitatge disposa de tres habitacions, dos lavabos amb dutxa, safareig, cuina, menjador i garatge.



Figura 22: Distribució exterior de l'habitatge



Figura 23: Distribució interior de l'habitatge

1.8.2 AVALUACIÓ DE L'ENERGIA HIDRÀULICA NECESSÀRIA

1.8.2.1 CÀLCUL DE LES NECESSITATS D'AIGUA

Considerant que l'habitatge estarà habitat per una família de quatre membres, utilitzant les dades de consum d'aigua de la taula 2 i el disseny constructiu de l'apartat 1.8.1, tenim el següent consum mensual d'aigua:

Ús	Volum unitari	Número de vegades	Total mes [l]
Netejar la casa	15 l	3 per setmana	180
Posar una rentadora	200 l	3 per setmana	2400
Rentar les vaixelles amb la pica tapada	24 l	2,5 per dia	1800
Cuinar	9 l	2 per dia	540
Dutxar-se	60 l	4 per dia	7200
Rentar-se les dents	1,5 l	12 per dia	540
Afaitar-se	3 l	3 per dia	270
Rentar el cotxe amb cubell	50 l	2 per setmana	400
Descàrrega de mitja cisterna del vàter	6 l	15 per dia	2700
Regar un jardí petit	75 l	4 per setmana	1200
Regar les plantes de casa	15 l	4 per setmana	240
Total	-	-	17470 l
Total dia	-	-	582,33 l

Taula 4: Consum mensual d'aigua de l'habitatge

1.8.2.2 AVALUACIÓ DE LES AIGÜES PLUVIALS DISPONIBLES

A continuació s'adjunten les dades de l'IdesCat de l'any 2016 de l'estació meteorològica de Vallfogona de Balaguer.

Mes	Precipitació [l/m ²]
Gener	7,6
Febrer	68,9
Març	21,8
Abril	56,8
Maig	47,6
Juny	7,6
Juliol	3,6
Agost	15,3
Setembre	89,7

Octubre	51,1
Novembre	38,7
Desembre	5,3
Total any	414,0

Taula 5: Dades de precipitació de l'estació meteorològica de Vallfogona de Balaguer

Observem que la variació mensual de la precipitació és molt ampla i que la mitjana mensual es situa a $34,5 \text{ l/m}^2$.

De la figura 22 extraïem que la zona de recol·lecció de l'aigua de pluja té una superfície de $15 \times 7,5 \text{ m}$, és a dir de $112,5 \text{ m}^2$. Per tant la mitjana mensual de recol·lecció d'aigua de pluja és de $3881,25 \text{ l}$. Aquesta quantitat no és suficient per abastir el consum d'aigua de l'habitatge, tampoc és suficient per subministrar l'aigua consumida en les dutxes i la rentadora.

S'estableix que caldrà bombejar tota l'aigua de pluja recol·lectada i que serà necessari consumir aigua de la xarxa pública en les dutxes i la rentadora, per tant s'haurà d'instal·lar un mecanisme selector a les dutxes i la rentadora que permeti escollir que l'aigua provingui de la xarxa pública d'aigües o del dipòsit d'aigua de pluja.

1.8.2.3 CÀLCUL DE L'ALTURA HIDRÀULICA TOTAL SOBRE LA BOMBA

Per al nostre habitatge unifamiliar serà necessària la instal·lació d'una bomba que bombegi l'aigua des del dipòsit d'emmagatzematge de l'aigua de pluja fins al dipòsit acumulador de pressió.

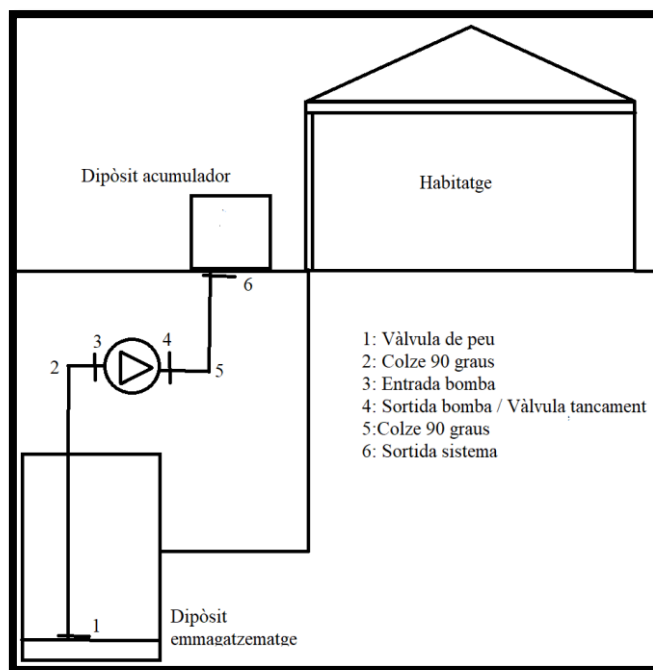


Figura 24: Esquema zona dipòsits

Per als càlculs considerarem que la bomba sigui capaç de subministrar 600 litres diaris, d'aquesta manera ens assegurem que la bomba que s'instal·larà serà capaç de bombejar tota l'aigua que arribi al dipòsit d'emmagatzematge.

Mitjançant les figures 17 i 18, establim que el cabal volumètric serà de 2,3 m³/h i les tuberes de calibre 40 i d'1 polzada de diàmetre a la línia de succió de ¾ de polzada de diàmetre a la línia de descàrrega.

Definim que la pressió al dipòsit acumulador sigui de 5 bar.

Establim que el dipòsit d'emmagatzematge estarà instal·lat 4 metres sota terra.

$$L_{1-3} = 3 \text{ m}; L_{4-6} = 3 \text{ m}; P_1 = 0 \text{ bar}; P_6 = 5 \text{ bar}$$

Equació de continuïtat

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = Q_5 = Q_6 = Q$$

$$v_{\text{succió}} = \frac{Q}{A_1} = 1,2610 \text{ m/s}; v_{\text{descàrrega}} = \frac{Q}{A_{3/4}} = 2,2420 \text{ m/s}$$

Equació general de l'energia

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_{\text{succió}}^2}{2 \cdot g} + h_{\text{pump}} = \frac{P_6}{\gamma} + z_6 + \frac{v_{\text{descàrrega}}^2}{2 \cdot g} - h_l$$

Aïllant l'altura hidràulica de la bomba:

$$h_{\text{pump}} = \frac{P_6}{\gamma} + (z_6 - z_1) + \frac{v_{\text{descàrrega}}^2}{2 \cdot g} - \frac{v_{\text{succió}}^2}{2 \cdot g} - h_l$$

Pèrdues de càrrega

$$h_l = h_1 + h_2 + h_4 + h_5 + h_6 + h_{cs} + h_{cd}$$

Els coeficients de resistència per a les diferents vàlvules i acoblaments es troben al llibre "Applied Fluid Mechanics" R. Mott.

$$f_{Ts} = 0,023; f_{Td} = 0,025$$

$$h_1 = k_1 \cdot \frac{v_{\text{succió}}^2}{2 \cdot g}; k_1 = f_{Ts} \cdot \frac{L_e}{D} = 9,66; h_1 = 0,7830 \text{ m}$$

$$h_2 = k_2 \cdot \frac{v_{\text{succió}}^2}{2 \cdot g}; k_2 = f_{Ts} \cdot \frac{L_e}{D} = 0,69; h_2 = 0,0560 \text{ m}$$

$$h_4 = k_4 \cdot \frac{v_{\text{descàrrega}}^2}{2 \cdot g}; k_4 = f_{Td} \cdot \frac{L_e}{D} = 0,2; h_4 = 0,0512 \text{ m}$$

$$h_5 = k_5 \cdot \frac{v_{\text{descàrrega}}^2}{2 \cdot g}; k_5 = f_{Td} \cdot \frac{L_e}{D} = 0,75; h_5 = 0,1921 \text{ m}$$

$$h_6 = k_6 \cdot \frac{v_{descàrrega}^2}{2 \cdot g}; k_6 = f_{Td} \cdot \frac{L_e}{D} = 0,025; h_6 = 0,0064 \text{ m}$$

$$h_{cs} = f_{Ts} \cdot \frac{L_{1-3}}{D_s} \cdot \frac{v_{succió}^2}{2 \cdot g} = 0,2202 \text{ m}$$

$$h_{cd} = f_{Td} \cdot \frac{L_{4-6}}{D_d} \cdot \frac{v_{descàrrega}^2}{2 \cdot g} = 1,0086 \text{ m}$$

$$h_l = 2,3175 \text{ m}$$

A continuació procedim a calcular l'altura hidràulica de la bomba:

$$h_{\text{pump}} = 52,83 \text{ m}$$

1.8.2.4 CÀLCUL DE LA POTÈNCIA NECESSÀRIA SOBRE LA MOTO-BOMBA

Procedim a calcular la potència sobre la moto-bomba utilitzant l'equació 3:

$$P_m = \frac{h_{\text{pump}} \cdot \gamma \cdot Q}{\eta_{eh}}$$

Considerem que el rendiment electró-hidràulic de la bomba és del 75%,

$$P_m = 440,13 \text{ W}$$

1.8.3 SELECCIÓ DE L'EQUIPAMENT

1.8.3.1 MOTO-BOMBA

A partir dels criteris establerts en els apartats 1.7.5.1 i 1.7.5.2 i els resultats obtinguts en els càlculs de l'apartat 1.8.2, s'ha seleccionat el grup moto-bomba següent de la casa Grundfos:



Figura 25: Grup moto-bomba Grundfos CMB

El model seleccionat està recomanat per usos domèstics d'increment de pressió i bombeig d'aigües pluvials.

A les figures 26 i 27 s'adjunta la informació relativa a la corba de rendiment, el punt de funcionament, la potència i l'NPSH.

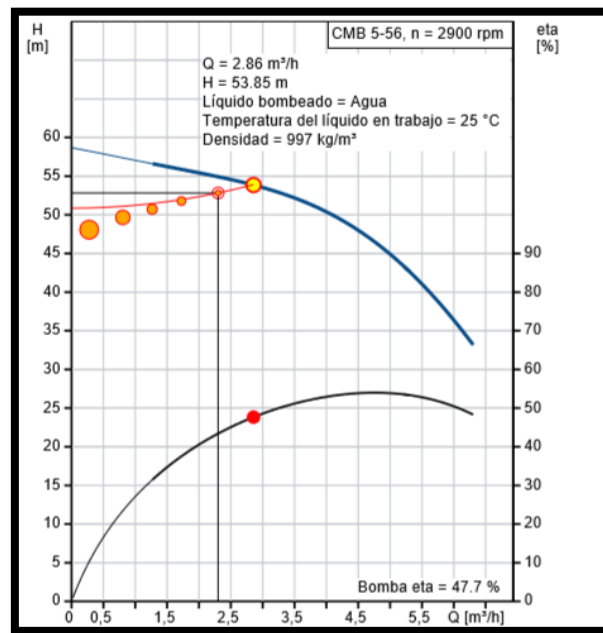


Figura 26: Corba de rendiment i punt de funcionament

Podem observar que el punt de funcionament d'aquest model satisfà les necessitats d'altura hidràulica i cabal volumètric prèviament calculades.

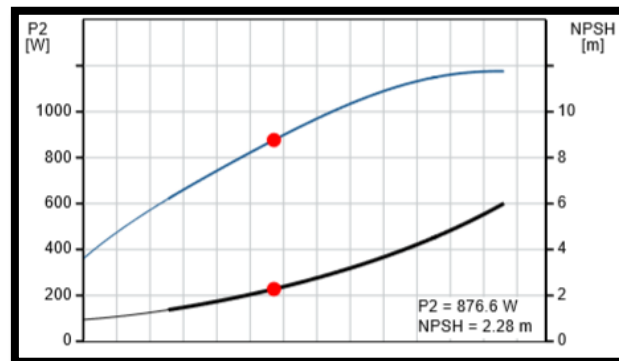


Figura 27: Corba de potència i NPSH

A partir de les dades de la figura 27 procedim a fer els càlculs per assegurar que la bomba treballarà sense cavitació:

$$NPSH_d = \left(\frac{P_3}{\gamma} \right)_{absoluta} + \frac{v_{succió}^2}{2 \cdot g} - \frac{P_{vapor\ aigua\ 25^\circ}}{\gamma}$$

$$\left(\frac{P_3}{\gamma} \right)_{absoluta} = h_1 - (z_3 - z_1) + \frac{P_{atm}}{\gamma}$$

$$h_1 = h_1 + h_2 + h_{cs} = 1,0592\ m$$

$$\left(\frac{P_3}{\gamma} \right)_{absoluta} = 8,39\ m$$

$$NPSH_d = 8,14 \text{ m}$$

Sabent que per assegurar la condició de no cavitació cal complir el següent:

$$NPSH_d \geq NPSH_r$$

$$8,14 \geq 2,28$$

Podem afirmar que la bomba treballarà sense cavitació.

1.8.3.2 DIPÒSITS

S'estableix que per a l'habitatge equipat amb la xarxa hidràulica sostenible es disposarà d'un dipòsit d'emmagatzematge de gran capacitat soterrat i d'un dipòsit de pressió acumulador de capacitat més reduïda instal·lat a la mateixa altura que l'habitatge.

El dipòsit d'emmagatzematge seleccionat de l'empresa Gedar està fabricat amb polietilè d'alta densitat, és imputrescible i té les següents dimensions:

Dimensió	
Diàmetre	206,8 cm
Alçada	162 cm
Diàmetre de la tapa	52 cm

Taula 6: Dimensions del dipòsit d'emmagatzematge

A partir de les dades de pluviometria anuals de l'IdesCat a l'estació meteorològica de Vallfogona de Balaguer s'ha decidit optar pel dipòsit de 4500 l donat que només en comptades ocasions (<5), la capacitat del dipòsit no serà suficient per emmagatzemar tota l'aigua de pluja provinent de la teulada. S'hagués pogut optar també per un dipòsit de major capacitat però l'increment en el preu i les dificultats d'instal·lació han inclinat la balança a favor del de 4500 l de capacitat.



Figura 28: Dipòsit emmagatzematge 4500 l

El dipòsit d'emmagatzematge seleccionat pot ser utilitzat per a fins alimentaris, per tant no presenta cap problema a l'hora d'emmagatzemar l'aigua que s'utilitzarà a les dutxes i la rentadora.

El dipòsit de pressió acumulador seleccionat és també de la casa Grundfos i correspon a la gamma de models GT.

Té una capacitat d'emmagatzematge de 500 l i està dissenyat per suportar pressions màximes de 10 bar. Està fabricat amb acer i pot suportar temperatures de fins a 90°C.

Figura 29: Dipòsit de pressió acumulador 500 l



1.8.3.3 TUBS DE CONDUCCIÓ DE L'AIGUA

Per a la xarxa hidràulica sostenible cal seleccionar diferents tipus de tubs per tal de satisfer les necessitats de conducció de l'aigua. Cal recollir l'aigua a la teulada, conduir-la al dipòsit d'emmagatzematge, bombejar-la cap al dipòsit acumulador, conduir-la als punts de consum de l'interior de l'habitatge i, un cop utilitzada i reutilitzada, dirigir-la a l'estanc de llacunatge i al clavegueram. En la taula 7 es mostren els tubs seleccionats:

Funció	Característiques	Material	Diàmetre	Longitud
Recol·lecció	Canalera	PVC	120 mm	40 m
Distribució exterior	Tub rodó	PVC	120 mm	50 m
Línia de succió	Tub rodó	PVC	32 mm	3 m
Línia de descàrrega	Tub rodó	PVC	25 mm	3 m
Distribució interior	Tub rodó	Coure	15 mm	30 m

Taula 7: Tubs de conducció de l'aigua seleccionats

Caldria també seleccionar tots els accessoris necessaris per tal de fer possible la conducció de l'aigua, considerem que aquesta tasca es realitzarà durant la instal·lació de la xarxa hidràulica sostenible.

1.8.3.4 VÀLVULES I ACOBLAMENTS

Com s'ha mencionat anteriorment en l'apartat 1.7.5.6 cal seleccionar diversos tipus de vàlvules i acoblaments. Els elements seleccionats es mostren en la taula 8:

Tipus	Localització	Funció	Quantitat
Vàlvula de peu	Entrada línia de succió	Mantenir elements estranys fora del sistema i impedeixen que es treballi al buit	1
Vàlvula de comporta	Sortida de la bomba	Permet bloquejar el flux d'aigua per tal de realitzar funcions de manteniment a la bomba	1

Vàlvula de retenció	Tub de conducció cap al llacunatge	No permet que les aigües negres que es dirigeixen al llacunatge retornin a l'habitatge	1
Colze 90°	Diversa	Conduir l'aigua	10
Expansió gradual	Diversa	Canviar la dimensió del flux	5
Reducció gradual	Diversa	Canviar la dimensió del flux	5

Taula 8: Vàlvules i acoblaments seleccionats

Les vàlvules i acoblaments seleccionats es mostraran a l'annex.

1.8.3.5 SISTEMES DE SANEJAMENT DE L'AIGUA

En la taula 9 es mostren els sistemes de sanejament de l'aigua seleccionats per a la xarxa hidràulica sostenible de l'habitatge.

Sistema	Localització	Funció	Quantitat
Ecohoe Aqus	Sota les aixetes dels lavabos	Reutilització de les aigües grises de les aixetes dels lavabos a les cisternes del WC	2
Pontos Aquacycle 600	A la bugaderia	Reutilització de les aigües grises de les dutxes i la rentadora a les cisternes del WC i a la pica del safareig	1
Llacunatge: Aiguamolls artificials de flux superficial	Al jardí	Reutilització de les aigües negres procedents de la cuina, els WC i la pica del safareig al jardí/terrassa/garatge. Aquest sistema també recollirà els excedents d'aigua del sistema Aqus i Pontos.	1

Taula 9: Sistemes de sanejament de l'aigua seleccionats

Cal tenir en compte que tant el sistema Aqus com el sistema Pontos requereixen estar connectats a la xarxa pública d'aigües en cas de no disposar d'aigua per reutilitzar, d'aquesta manera tots els equips que estiguin connectats a aquests sistemes disposaran de subministrament d'aigua de forma ininterrompuda.

Referent al llacunatge, la superfície de l'aiguamoll serà de 31,25 m², tindrà una longitud de 12,5 m i una amplada de 2,5 m. La profunditat de la làmina d'aigua serà de 0,5m. El pendent del fons entre l'entrada i la sortida ha de ser del 0,5 % aproximadament. Els talussos laterals es faran a 45°.

1.8.3.6 ALTRES COMPONENTS NECESSARIS

Per tal d'assolir un millor confort, fiabilitat, eficiència i funcionament de la xarxa hidràulica sostenible s'han seleccionat els següents components.

Filtre simple de baixant: Aquest filtre de la marca Graf serveix per impedir que entrin al sistema elements estranys com fulles i brossa a la vegada que actua com a sobreeixidor.

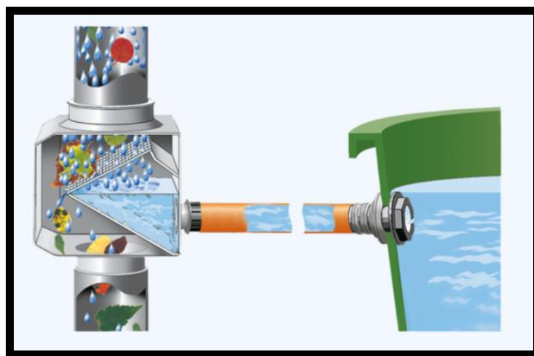


Figura 30: Filtre baixant simple Graf

Filtre intern Optimax Pro: Aquest filtre és també de la marca Graf. Va situat a l'interior del dipòsit, a l'entrada. Està especialment dissenyat per a la recuperació i aprofitament de les aigües pluvials.

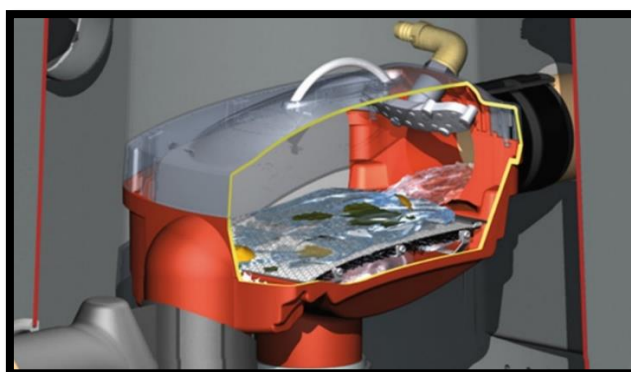


Figura 31: Filtre intern Optimax Pro

Sistema de control de pressió PM2: Aquest element de la casa Grundfos permet controlar la pressió del dipòsit acumulador a la vegada que redueix de forma significativa la quantitat d'hores que la bomba ha de treballar per subministrar l'aigua necessària al dipòsit de pressió.



Figura 32: Sistema de control de pressió PM2

Mecanisme selector que permet escollir la procedència de l'aigua: Aquest mecanisme instal·lat a les dutxes i a la rentadora permet escollir que l'aigua provingui de la xarxa pública d'aigües o del dipòsit d'aigua de pluja. Està format per dues claus de pas, dos colzes de 90° i un acoblament "te".

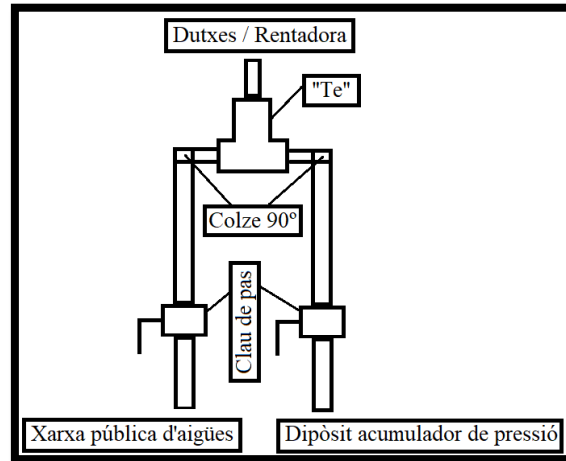


Figura 33: Mecanisme selector procedència d'aigua

Indicador de nivell per al dipòsit d'emmagatzematge: Aquest element permet saber en tot moment quin és el nivell d'aigua del dipòsit. L'indicador es pot instal·lar dins l'habitatge.



Figura 34: Indicador nivell dipòsit

Bomba de superfície Sterwins 900: Aquesta bomba està dissenyada per al buidatge, transvasament o reg. Per la qual cosa es podrà utilitzar per bombejar l'aigua del llacunatge un cop estigui llesta per ser reutilitzada. També serveix com a bomba de suport per a la xarxa hidràulica sostenible.



Figura 35: Bomba de superfície Sterwins 900

1.9 PRESSUPOST

El pressupost de la xarxa hidràulica sostenible es mostra en la taula 10.

ELEMENT	QUANTITAT	PREU
Moto-Bomba Grundfos CM 5-6	1	1.213,00 €
Dipòsit emmagatzematge Gedar 4500 l	1	1.517,34 €
Tanc d'expansió Grundfos GT-H-50 H	1	187,00 €
Tubs de conducció PVC	56 m	282,91 €
Tubs de conducció Coure	30 m	113,70 €
Canalera	40 m	106,00 €
Vàlvula de peu Traxco	1	100,00 €
Vàlvula de comporta Salvador Escoda	1	16,61 €
Vàlvula de retenció Salvador Escoda	1	17,74 €
Acoblament Colze 90°	10	3,20 €
Acoblament Expansió/Reducció gradual	10	5,00 €
Sistema Aqus Ecohoe	2	1.573,00 €
Sistema Pontos Aquacycle 600	1	2489,00 €
Aiguamoll de llacunatge	1	≈ 1000 €
Filtre de baixant Graf	1	14,95 €
Filtre Graf Optimax Pro	1	340,00 €
Controlador de pressió Grundfos PM2	1	234,00 €
Mecanisme selector aigua	3	≈ 10 €
Indicador de nivell Kemo	1	30,52 €
Moto-Bomba Sterwins 900	1	79,95 €
TOTAL	-	9.333,92 €

Taula 10: Pressupost xarxa hidràulica sostenible

Aquest pressupost no inclou el preu de la mà d'obra necessària per la instal·lació de la xarxa hidràulica sostenible.

1.10 RESULTATS OBTINGUTS

Un cop acabat l'ànalisi pràctic del disseny d'una xarxa hidràulica sostenible, procedim a calcular els resultats obtinguts referents al consum d'aigua estalviats mitjançant la instal·lació de la xarxa hidràulica sostenible.

Segons les dades de la taula 4, el consum mensual de l'habitatge és de 17470 l quan no està equipat amb la xarxa hidràulica sostenible.

El sistema d'aprofitament d'aigües pluvials permet estalviar una mitjana de 3881,25 l per mes, corresponents al consum d'aigua de les dutxes i la rentadora.

La quantitat d'aigua estalviada mitjançant el sistema de reutilització d'aigües grises/negres es mostra en la taula 11.

Motiu de consum	% Estalvi	Litres estalviats per mes
Netejar la casa	100	180
Rentar el cotxe amb cubell	100	400
Descàrrega de mitja cisterna del vàter	80	2160
Regar un petit jardí	100	1200
Regar les plantes de casa	100	240
TOTAL	-	4180

Taula 11: Estalvi aigua sistema reutilització aigües grises/negres

Segons la provenença de l'aigua ens queda el següent consum mitjà mensual:

Provenença consum aigua	Quantitat	Percentatge
Xarxa pública d'aigües	9408,75 l	53,85 %
Sistema d'aprofitament d'aigües pluvials	3881,25 l	22,21 %
Sistema de reutilització d'aigües grises	4180,00 l	23,92 %

Taula 12: Consum mensual d'aigua segons provenença

La instal·lació de la xarxa hidràulica sostenible a l'habitatge, permet estalviar un 46,13% del total de l'aigua consumida a l'habitatge.

1.11 CONCLUSIONS

Un cop finalitzada la memòria d'aquest treball final de grau, podem dir que hem establert satisfactòriament una metodologia de disseny de les xarxes hidràuliques sostenibles en habitatges residencials i que la xarxa hidràulica sostenible dissenyada en l'apartat 1.8, minimitza dràsticament el consum d'aigua de l'habitatge.

Durant la realització d'aquest TFG s'ha intentat desenvolupar una idea que pogués ser aplicada a la realitat i, considerem que, tant la metodologia de disseny com la xarxa hidràulica sostenible dissenyada, poden servir de guia per a futures persones interessades en reduir el consum d'aigua de la xarxa pública d'aigües del seu habitatge.

Cal mencionar també, que el fet d'instal·lar una xarxa hidràulica sostenible en un habitatge, redueix el confort d'aquest, ja que els habitants d'aquest habitatge s'hauran de començar a ocupar de coses que quan habiten un habitatge que consumeix únicament aigua de la xarxa pública d'aigües no se'n han d'ocupar.

També cal dir que, a dia d'avui, el motiu pel qual una persona decideix instal·lar una xarxa hidràulica sostenible al seu habitatge, no és econòmic. Això és degut a que actualment l'aigua té un preu relativament barat i que el total dels elements seleccionats per fer realitat la xarxa hidràulica sostenible sumen una quantitat de diners raonable. Però hi ha altres motius pels quals una persona decideix instal·lar una xarxa hidràulica sostenible al seu habitatge: escassetat/mala qualitat de l'aigua procedent de la xarxa pública d'aigües, millora del medi ambient...Per altra banda, també podem assegurar que en un futur pròxim, el nombre d'usuaris de xarxes hidràuliques sostenibles anirà en alça i, per tant, aquest TFG és coherent amb el món i el temps en el que vivim.

Finalment, destaquem el nivell de satisfacció obtingut en la realització d'aquest Treball Final de Grau titulat "Disseny Sostenible de la Xarxa Hidràulica d'un Habitatge". a l'hora de complir els objectius proposats i obtenir uns resultats finals complaents.

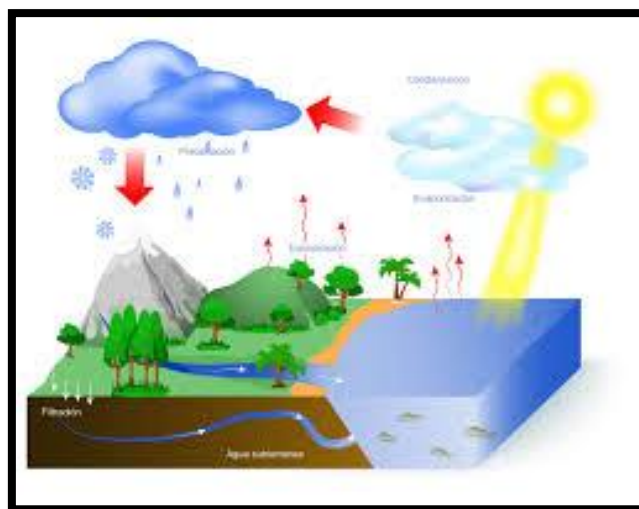


Figura 36: Cicle de l'aigua

2. PLÀNOLS

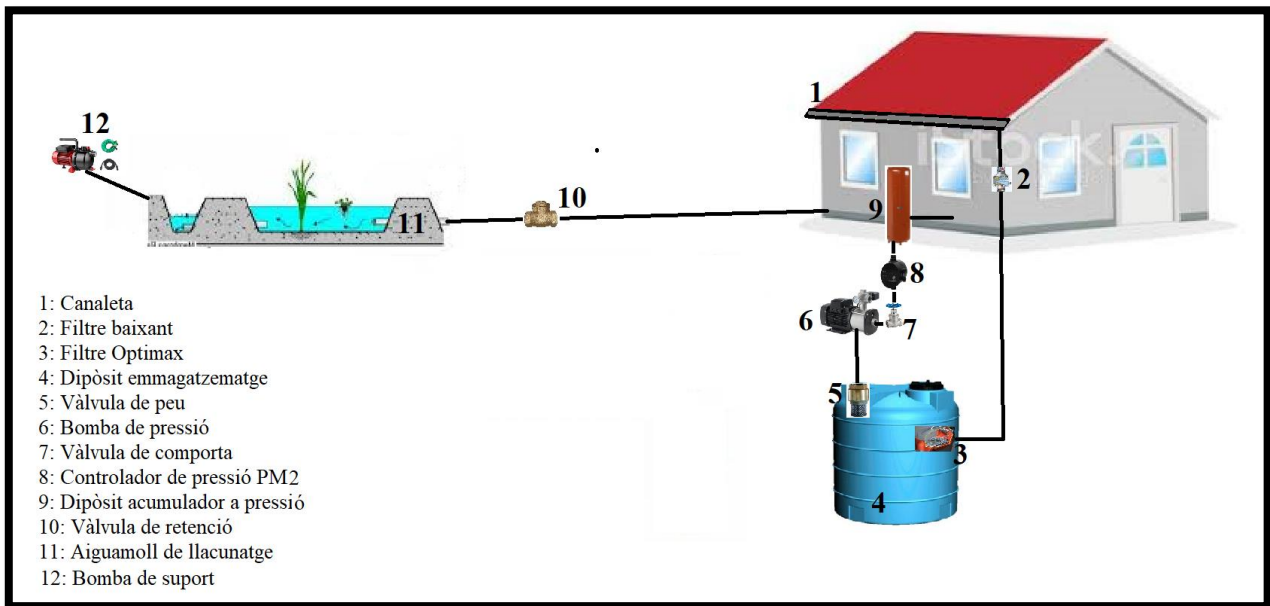


Figura 37: Plànol exterior xarxa hidràulica sostenible

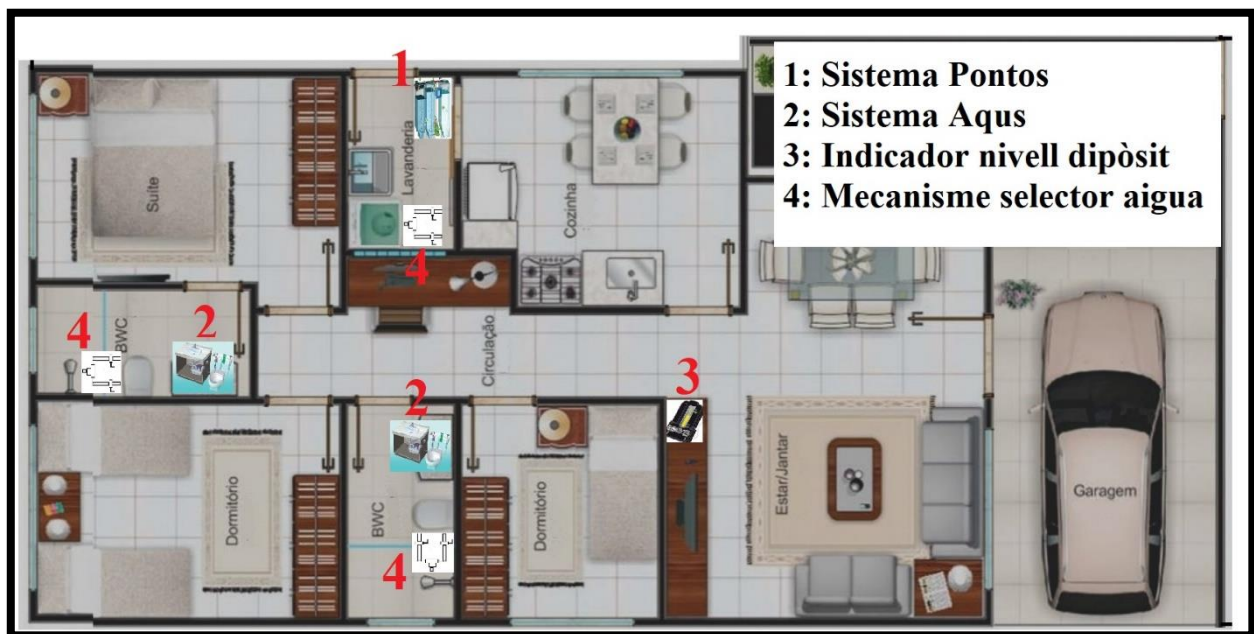


Figura 38: Plànol interior xarxa hidràulica sostenible

3. ANNEX

En l'annex s'adjunta la informació relacionada amb els elements que s'han seleccionat per a la xarxa hidràulica sostenible.

4. BIBLIOGRAFIA

Coneixements

- “Applied Fluid Mechanics” R. Mott, 6th edition
- <http://projectecasasostenible.blogspot.ba/p/portada.html>
- <https://www.construible.es/2007/07/20/aquacyle-de-pontos>
- www.rainwaterharvesting.co.za/water-tanks-3/filtering-placement-and-types-of-water-tanks/
- <https://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST259ZI161684&id=161684>
- <https://es.wikipedia.org/wiki/NPSH>
- <http://www.ccma.cat/tv3/alacarta/programa/La-casa-ecologica/video/226059944/>

Dades

- <http://www.aiguesdebarcelona.cat/ca/el-consumo-de-agua>
- <http://www.xtec.cat/~jplanas3/aigua/consum.htm>
- <https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=217&t=2016>
- http://vaxasoftware.com/doc_edu/qui/pvh2o.pdf

Equipament

- https://product-selection.grundfos.com/product-detail.product-detail.html?from_suid=153593237941009099766308733233&pumpssystemid=424667412&qcid=425135242
- https://es.grundfos.com/bombas_grundfos/bombas_sistemas_bombeo/gt.html#overview
- <http://www.leroymerlin.es/fp/19442360/canalon-120/65mm-gris?idCatPadre=602989&pathFamiliaFicha=384002>
- <https://www.bricomart.es/tubo-redondo-o-120mm-1-5m.html>
- <http://www.leroymerlin.es/fp/14621824/tubo-rigido-pvc-evacuacion-32-mm-y-2-m-?idCatPadre=10621&pathFamiliaFicha=500704>
- <http://www.leroymerlin.es/fp/12400815/tubo-de-pvc-presion-de-25-mm-y-25-m->
- <http://www.leroymerlin.es/fp/17885175/tubo-de-cobre-15-mm-1-m>
- <http://magazines.grundfos.com/Grundfos/SWE/BGE/tarifa-de-precios-Grundfos-Espana/?page=1>
- <https://www.traxco.es/tienda/valvula-de-pie>
- https://www.salvadorescoda.com/tarifas/Valvuleria_Agua_Tarifa_PVP_SalvadorEscoda.pdf
- <https://www.poolaria.com/accesorios-de-pvc/316-codo-90-pvc-encolar.html>
- <https://www.poolaria.com/accesorios-de-pvc/1061-reduccion-conica-pvc-encolar.html>
- <http://www.leroymerlin.es/fp/13857585/filtro-de-bajante-eco-gris#>
- <http://www.ecosinergies.com/wp-content/uploads/2017/02/graf-tarifa-2017.pdf>
- <https://www.grafiberica.com/depositos-soterrados/filtros-pluviales/filtros-internos/filtro-interno-optimax-pro.html>

- <http://www.leroymerlin.es/fp/14107625/valvula-esfera-m-m-3/8-?idCatPadre=10611&pathFamiliaFicha=500614>
- <http://www.rmmcia.es/productos/racores-de-laton-para-roscar/te-h-h-h-fig130>
- <http://www.rmmcia.es/productos/racores-de-laton-para-roscar/codo-h-h-fig90>
- <https://www.todoelectronica.com/es/indicador-de-nivel-para-depositos-de-aguadeteccion-hasta-100m-p-14810.html>
- www.leroymerlin.es/fp/17882123/bomba-de-superficie-sterwins-900-jet-3-promo?idCatPadre=602398&pathFamiliaFicha=012203
- <https://www.agroterra.com/p/aqus-sistema-de-ahorro-de-agua-de-lavabo-a-wc/3082529>

